

Département Physiques des ondes et de la matière (PhOM)

Pôle Nanophysique

*

**Bilan du tour de table des équipes du 18 mars 2015
(synthèse, puis axe par axe)**

Synthèse

Axes de développement	Enjeux majeurs
<p>Fabriquer : nanoMatériaux/Objets/Structures</p> <ul style="list-style-type: none"> - Croissance et nanostructuration 2D/hétérostructures, 1D, nanoparticules 0D - Hybrides (orga/non-orga, métal/diél.) - Auto-organisation, auto-assemblage, supracristaux, nouvelles méthodes de croissance - Nouveaux matériaux : isolants topologiques, carbonés, à fort dopage, etc. <p>Mesurer : Instrumentations aux limites</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nanoscopies hyperspectrales (xy, ω), ultrarapides (xy, t), <i>in vivo</i> et/ou <i>in operando</i> - Outils <i>in situ</i> multitechniques - Théories/modélisations/simulations ab-initio, atomistiques, moléculaires <p>Comprendre : Concepts/paradigmes émergents</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nanothermique - Nano-optique quantique - Dynamique des ondes (phonon, magnon, plasmon) et excitations élémentaires - Interactions induites dans les hybrides <p>Contrôler : nanoXonique</p> <ul style="list-style-type: none"> - X = phot, electr, phon, therm, plasm, polarit, spintr, magn - Hybride : Nano-opto-mécanique, plasmons/organique, spin/organique, spin/charge, magnétoplasm., vallée-tronique - Non-linéarités à petit nombre de particules 	<p>Repousser les limites de notre compréhension</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôle et transport à l'échelle nano des excitations élémentaires : énergie, chaleur, etc. - Imageries ultimes : sonde locale/champ proche - Couplage entre propriétés (photomagnétisme, magnétostriction) - Nouvelles dynamiques spatiales et temporelles - Nouveaux états de la matière - Etudes <i>in vivo</i> et/ou <i>in operando</i> <p>Société de l'information et de la communication</p> <ul style="list-style-type: none"> - Optoélectronique et électronique du futur - Sources d'états non classiques de la lumière - Nouveaux types de logique, de mémoires et traitement de l'information <p>Efficacité énergétique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Green photonics, récupération d'énergie - Photovoltaïque - Circuits optiques basse consommation <p>Santé/Nanobiologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adressage et suivi de nano-objets uniques - Capteurs chimiques et biologiques à haute sensibilité - Intégrations hybrides

Analyse SWOT

<p>Forces</p> <ul style="list-style-type: none">- Grande visibilité des communautés- Très forte pluridisciplinarité- Moyens de croissance de matériaux complexes (MBE, PLD...)- Centrales de nanotechnologie à la pointe- Moyens instrumentaux (Soleil XMCD, spectros LLB, STM, MFM, MRFM, optique...)	<p>Faiblesses</p> <ul style="list-style-type: none">- Assez peu de théoriciens par rapport aux expérimentateurs- Communauté dispersée, manque de plateformes
<p>Opportunités</p> <ul style="list-style-type: none">- Fortes interactions avec les autres axes de PHOM, lien fort avec EOE.- Potentiel unique sur le plateau pour le développement d'une vraie synergie pluridisciplinaire- Tissu industriel dense et varié	<p>Menaces</p> <ul style="list-style-type: none">- Pas de recouvrement avec H2020 pour l'aspect fondamental / nanophysique « pure »- Arrêt du réacteur Orphée (structures, excitations)

Physique des surfaces

Perspectives à long terme (10 ans)

Axes de développement	Enjeux correspondants
<p>Matériaux : Oxydes, isolant topologiques Matériaux 2D Hybrides organiques/ inorganiques Semi-conducteurs</p>	<p>Nouveaux matériaux et nouvelles propriétés Pompage optique, lien à l'électronique classique Nouveaux dispositifs en nanoélectronique Photovoltaïque La physique du solide à partir du plus petit</p>
<p>Objets : Etats électroniques confinés (gaz 2D, quantum dots) Nanoparticules Molécules et atomes sur surfaces Hétérostructures Interfaces hybrides organique/inorganique</p>	<p>Description, compréhension, contrôle Catalyse, maîtrise nanostructures Electronique moléculaire, effets quantiques, lien avec la biologie et la santé</p>
<p>Interactions : Auto-organisation, auto-assemblage, Nanostructuration de surfaces Opto-mécanique Magnétisme</p>	<p>Stabilisation énergétique de configurations Photo-commutation - Contrôle états excités Lien avec la structure électronique</p>
<p>Concepts/paradigmes : Structure atomique et électronique <-> fonction Plasmonique</p>	<p>Science des matériaux Électronique du futur Nouveaux types de logiques et de traitement de l'information</p>
<p>Instrumentation : Résolution temporelle pour phénomènes dynamiques en spectroscopie (lasers, synchrotron, champ proche, microscopie) Développement d'outils spécifiques Développement de chambres intégrant plusieurs techniques, ouvertes à d'autres.</p>	<p>Description, compréhension, contrôle des transitions et des excitations. Compétence technologique et industrielle (PME) Un pas vers une mutualisation</p>

Physique des surfaces

Analyse SWOT

<p><i>Forces</i></p> <ul style="list-style-type: none">- Développement instrumental (Soleil, STM, optique)- Moyens de croissance de matériaux complexes (MBE, PLD...)- Centrales de nanotechnologie- Approches expérimentale et théorique parfois intégrées.- Interfaces Électronique, Chimie, Biologie	<p><i>Faiblesses</i></p> <ul style="list-style-type: none">- Assez peu de théoriciens par rapport aux expérimentateurs
<p><i>Opportunités</i></p> <ul style="list-style-type: none">-	<p><i>Menaces</i></p> <ul style="list-style-type: none">-

Nanophotonique

Perspectives à long terme (10 ans)

Axes de développement	Enjeux majeurs
<p>Matériaux</p> <ul style="list-style-type: none"> - Matériaux carbonés : graphène, CNT, diamant - Supracristaux - Interfaces bio-compatibles - Boîtes/fils quantiques, nanocristaux colloïdaux - Nouveaux matériaux : diamant, métaux, terres-rares, dopage, ZnO, perovskites, Ge <p>Objets/structures</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nanoparticules hybrides (orga/inorga, métal/diélectrique, bio-compatibles...) - Nanoconstruction (assemblage par ADN, association de technologies bottom-up et top-down...) - Métamatériaux et métasurfaces NIR / visible / thermique - Cristaux photoniques, high-Q - Nanoantennes (photons, phonons, plasmons) <p>Concepts/paradigmes émergents</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nanothermique - Nano-optique quantique - Non-linéarités optiques à petit nombre de photons - Dynamique femtoseconde - In-vivo - Nano-optomécanique - Photomagnétisme/magnétoplasmonique <p>Instrumentation aux limites</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nanoscopies hyperspectrales (xy, ω) - Nanoimageries femtosecondes (xy, t) - Plateformes multifonctionnelles, cathodoluminescence, optique de spin, dynamique ultrarapide - In vivo ?? 	<p>Repousser les limites de notre compréhension</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôle et transport à l'échelle nano des excitations élémentaires : énergie, chaleur - Imageries ultimes : sonde locale/champ proche - Spectroscopies localisées <p>Société de l'information et de la communication</p> <ul style="list-style-type: none"> - Miniaturisation et amélioration des performances des composants optoélectroniques (nanolasers, bright LEDs, optiques ultra-minces, composants IR et THz) - Nanosources d'états non classiques de la lumière - Nanocircuits pour le traitement optique de l'information - Manipulation optique de spin unique <p>Efficacité énergétique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Green photonics, récupération d'énergie, photovoltaïque - Circuits optiques basse consommation <p>Santé/Nanobiologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adressage et suivi optique de nano-objets uniques - Capteurs chimiques et biologiques à haute sensibilité - Intégrations hybrides

Nanophotonique

Analyse SWOT (scientifique)

<p><i>Forces</i></p> <ul style="list-style-type: none">- Optics Valley- Instruments & centrale techno C2N- Sources de lumière grands instruments (SOLEIL, LCP-CLIO, X,..)	<p><i>Faiblesses</i></p> <ul style="list-style-type: none">- manque de plateformes- déficit de forces en nano-optique <i>quantique</i> par rapport à la concurrence internationale
<p><i>Opportunités</i></p> <ul style="list-style-type: none">- Lien avec pôle 6-Optique, avec département EOE- Tissu industriel sur l'optique- Proposition : Création d'un Centre/Institut des nanosciences à cheval sur plusieurs départements (chimie, PHOM, EOE)	<p><i>Menaces</i></p> <ul style="list-style-type: none">- Concurrence internationale forte en nano-optique <i>quantique</i>

Nanomagnétisme et électronique de spin

Perspectives à long terme (10 ans)

Axes de développement	Enjeux correspondants
<p>Matériaux : Antiferromagnétiques (nano \neq bulk) Multiferroïques synthétiques Semi-conducteurs Matériaux 2D (graphène, MoS2...) Hétérostructures à base d'oxydes</p>	Couplage entre propriétés : effet du champ électrique, photomagnétisme, magnétostriction Pompes optiques, lien à l'électronique classique Nouveaux dispositifs en nanoélectronique
<p>Objets : Magnétisme à l'échelle atomique et moléculaire Nanoparticules magnétiques Structures non-colinéaires (parois de domaines, vortex, skyrmions, ondes de spin)</p>	Effets quantiques Spintronique moléculaire, lien avec la biologie et la santé Nouveaux types de dynamiques spatiales et temporelles accessibles
<p>Interactions : Échange et couplage magnétique Spin-orbitronique (effets Hall de spin, Rashba, Dzyaloshinskii-Moriya d'interface)</p>	Stabilisation énergétique de configurations Génération efficace de courants de spin, Nouveaux couples de transfert de spin
<p>Concepts/paradigmes : Magnonique (ondes de spin), son mariage avec la spintronique « conventionnelle » Circuits hybrides intégrant des composants spintroniques Memristors spintroniques</p>	Électronique du futur (basse consommation, très haute fréquence). Transport de moment angulaire. Nouveaux types de logiques, de mémoires, et de traitement de l'information Interdisciplinarité avec sciences cognitives Capteurs
<p>Instrumentation : Techniques optiques Génération de seconde harmonique</p>	Résolution temporelle (ultra-rapide) Imagerie et dynamique des paramètres d'ordre multi et antiferromagnétiques

Nanomagnétisme et électronique de spin

Analyse SWOT

<p>Forces</p> <ul style="list-style-type: none">- Communauté spintronique visible (prix Nobel A. Fert)- Développement instrumental (Soleil XMCD, spectros LLB, STM, MFM, MRFM, optique)- Moyens de croissance de matériaux magnétiques complexes (MBE, PLD...)	<p>Faiblesses</p> <ul style="list-style-type: none">- Peu de techniques optiques pour sonder la dynamique de l'aimantation (micro-BLS, TR-MOKE...)- Assez peu de théoriciens par rapport aux expérimentateurs
<p>Opportunités</p> <ul style="list-style-type: none">- Nouveaux concepts et paradigmes pour aller au-delà de la spintronique conventionnelle- En amont des technologies de l'information et de la communication (fort lien avec EOE)- Interface avec les autres sous-axes du pôle (hybrides...)	<p>Menaces</p> <ul style="list-style-type: none">- Pas de recouvrement avec H2020 pour l'aspect fondamental / nanophysique « pure »- collaboratif (??)- Arrêt du réacteur Orphée (antiferro...)

Nano-matériaux

Perspectives à long terme (10 ans)

Axes de développement	Enjeux correspondants
<i>Croissance :</i> - Fabrication par auto-assemblage, jusqu'aux supra-cristaux - Croissance pilotée par sollicitation externe (faisceau d'ions, d'électrons) - Comprendre les mécanismes de croissance	Nouveaux matériaux 0D,1D et 2D Arriver à fabriquer ce que l'on veut
<i>Nouveaux matériaux d'intérêt :</i> Lamellaires/2D (graphène, hétérostructures d'oxydes, MoS ₂ , phosphorène, ...) Isolants topologiques Dopage de nanofils semi-conducteurs Multiferroïques artificiels	Développement de nouvelles propriétés physiques Nouveaux états de la matière
<i>Concepts/paradigmes :</i> Qu'est-ce que la thermodynamique des nanomatériaux ? Etude de leur vieillissement Nouvelles méthodes de croissances	Compréhension de la stabilité des nano-matériaux Propriétés conjointes par assemblage de matériaux
<i>Instrumentation/Caractérisation :</i> Suivi de croissance en temps réel Déterminer et calculer les structures atomiques, qui peuvent être différentes du massif	Mieux comprendre les mécanismes de croissance et les matériaux

Nano-matériaux

Analyse SWOT

<i>Forces</i> - Moyens de caractérisation surfaces/interfaces uniques ou en cours de développement	<i>Faiblesses</i> - Manque de plateforme de caractérisation des nanomatériaux - Communauté dispersée
<i>Opportunités</i> - Forte interaction avec les autres sous-axes	<i>Menaces</i> - Faible poids H2020 pour l'aspect fondamental / nanophysique « pure » collaboratif - Arrêt du réacteur Orphée (détermination de structures)

Phénomènes de transport

Perspectives à long terme (10 ans)

Axes de développement	Enjeux correspondants
<p>Matériaux/objets : 0D – Nanoparticules, molécules, dynamique atomique</p> <p>1D – Nanofils, nanotubes, chaînes organiques</p> <p>2D – gaz 2D confinés (graphène, hétérostructures d'oxydes, isolants topologiques), films très minces sous contrainte (ex. Si supraconducteur) ou désordonnés (métaux...).</p>	<p>Etudier, comprendre et inventer de nouveaux moyens de contrôle des propriétés de transport à l'échelle nano. :</p> <p>Transport dans des états électroniques confinés et aux interfaces (gaz et matériaux 2D, nanofils, quantum dots/nanoparticules/molécules...)</p> <p>Etude des systèmes hybrides à l'interface entre disciplines</p> <p>Etudes « in operando »</p> <p>Nanofluidique, nanothermique ??</p>
<p>Concepts/paradigmes : Interfaces hybrides organique/inorganique Molécules et atomes sur surfaces Electronique moléculaire Electronique à 1 électron Durée de vie des porteurs Dynamique des ondes : phononique, magnonique... Transport multi-vallées</p>	<p>Nanoélectronique du futur (post-CMOS)</p> <p>Photovoltaïque</p> <p>Energie</p>
<p>Interactions: Nouveaux phénomènes à l'interface entre disciplines et objets : Nano-opto-mécanique (NEMS), plasmons/organique, spin/organique, spin/charge, vallée-tronique, ...</p>	<p>Nouvelle physique à comprendre et à développer.</p>
<p>Instrumentation : Les propriétés électroniques d'un dispositif en fonctionnement</p>	

Phénomènes de transport

Analyse SWOT

<p>Forces Grande visibilité de chaque communauté. Très forte pluri-disciplinarité. Capacité à s'appuyer sur les Masters Nanosciences de Paris-Saclay Moyens de caractérisation surfaces/interfaces uniques</p>	<p>Faiblesses - Interaction entre les différentes disciplines</p>
<p>Opportunités: - Potentiel unique au plateau de développement d'une vraie synergie pluri-disciplinaire.</p>	<p>Menaces - Pérennité des financements, des postes → perte du savoir</p>